Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 3, Fall 2020, p. 265-276

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۷۶-۲۶۵

مقاله علمی- پژوهشی

معرفی مدل خطی تخمین انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای با استفاده از اجزای الیاف

حسین غلامی[1*]- محمد بابایی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۴

چکیده

این پژوهش به منظور تعیین انرژی قابل متابولیسم، ترکیبات شیمیایی و تولید معادلات رگرسیونی تخمین انرژی قابل دسترس سورگوم علوفه‌ای انجام گرفت. برای رسیدن به این مهم، با استفاده از ۵۴ داده انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از ۱۸ رقم سورگوم علوفه‌ای، معادلات خطی، درجه دوم و تابع نمایی حاصل از اجزای حاصل از بخش الیاف سورگوم علوفه‌ای شامل: درصد NDF ، ADF و لیگنین سورگوم علوفه‌ای برازش شدند. کل معادلات حاصل از مقدار NDF و ADF و لیگنین دارای ضریب تعیین قابل قبولی بودند و دقت معادلات در حد متوسط بود. از بین معادلات فوق، معادله خطی حاصل از ADF به دلیل سادگی و تقریب نزدیکتر به ME تعیین شده سورگوم علوفه‌ای از طریق آزمون گاز، برای تخمین انرژی قابل متابولیسم پیشنهاد می شود (ADF٪) ۰/۰۲۹ -۳/۳۲۰ = انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در هر کیلوگرم ماده خشک). در مقایسه با معادلات خطی پیشنهادی معتبر بین المللی مانند منک و استین گاس و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع، معادله منک و استین گاس به انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای تعیین شده در این تحقیق نزدیکتر و تفاوت معنی داری نداشت. برای تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای، معادله خطی بالا به دلیل سادگی و تقریب نزدیکتر به ME سورگوم علوفه ای اندازه گیری شده، پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: آزمون گاز، تخمین انرژی قابل متابولیسم، سورگوم علوفه‌ای،ADF

مقدمه

ضرورت توجه به منابع جدید علوفه‌ای مقاوم به خشکی و نیز افزایش بهره‌وری از آب و خاک در فهرست اهداف بلند مدت وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است. در این راستا سورگوم علوفه‌ای و دانه‌ای گیاهان مناسبی هستند که می توان آنها را در برنامه‌ریزیهای کشت قرار داد و به اشکال متفاوت در تغذیه دامها به کار برد (۸). کیفیت علوفه، به مجموع کل مواد مغذی تشکیل دهنده گیاهان علوفه‌ای اطلاق می شود که میزان مصرف دام از خوراک یا جیره را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کیفیت علوفه بستگی به ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم آن دارد. کیفیت علوفه همبستگی مثبت و بالای با انرژی قابل دسترس برای دام دارد (۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۷).

میزان انرژی زایی یک ماده غذایی با مقدار ترکیبا ت شیمیایی (مواد مغذی تشکیل دهنده آن) و قابلیت هضم مواد آلی همبستگی مثبت و بالای دارد. ترکیبات شیمیایی را به راحتی می توان در آزمایشگاه‌های تغذیه با انجام آنالیز تقریبی و قابلیت هضم مواد آلی را از آزمایش های درون تنی[3] و برون تنی[4] تعیین کرد و از طریق این داده‌ها می توان به مقدار انرژی قابل دسترس هر ماده خوراکی برای دام دست یافت (۷، ۱۸ و ۲۲). تعیین انرژی قابل دسترس در خوراک ها رکن اصلی و مهم در علم تغذیه دام است و برای فرموله کردن یک جیره متوازن و متعادل برای تمام دامهای مزرعه ای ضرورت دارد (۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۶).

انرژی قابل سوخت و ساز بیانگر بخشی از انرژی خام خوراک است که پس از کسر مقدار انرژی دفع شده از طریق مدفوع و ادرار و گازهای حاصل از هضم به مصرف حیوان می رسد (۳). امروزه از سیستم انرژی قابل متابولیسم که شکل اولیه آن در سال ۱۹۵۶ میلادی توسط شورای تحقیقات کشاورزی انگلستان برای نشخوارکنندگان ابداع شده ، استفاده می گردد (۱۳). یکی از روشهای آزمایشگاهی تعیین انرژی مواد خوراکی، روش آزمون تولید گاز است.

۱- استاد یار پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران.
۲- مربی پژوهشی بازنشسته موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران.
(*- ایمیل نویسنده مسئول: Email: Ho.gholami@areeo.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i3.75350

3- *In vivo*
4- *In vitro*

این روش بر اساس اندازه گیری مقدار گاز آزاد شده در واحد زمان پایه گذاری شده است. مقدار انرژی تخمینی به دست آمده از این روش (پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون) همبستگی بسیار بالایی با مقدار انرژی به دست آمده از روش درون تنی دارد (۱۴).

گتاچو و همکاران (۶) نشان دادند که مقادیر انرژی موجود موادخوراکی در آزمایشگاه‌های سراسر دنیا که از آزمون تولید گاز برای تخمین انرژی قابل متابولیسمی استفاده کرده‌اند یکسان نیست و تفاوت‌های وجود دارد. چون تعیین مستقیم انرژی قابل دسترس دام از مواد خوراکی نیاز به صرف زمان و هزینه زیادی دارد و چون انرژی قابل دسترس، رابطه مثبت و بالایی با برخی از ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده مواد خوراکی دارد، متخصصین علم تغذیه دام از اجزای تشکیل دهنده الیاف مانند NDF[1]، ADF[2] و لیگنین برای تخمین انرژی مواد خوراکی استفاده کرده‌اند(۴، ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۹، ۲۰ و ۲۲). چون مقدار ADF گیاهان با میزان انرژی قابل متابولیسم رابطه مثبت و مستقیمی دارد، در اکثر منابع معتبر از ADF به عنوان یک متغیر مستقل برای تخمین انرژی قابل متابولیسم استفاده می‌شود. غلامی و همکاران، میزان ADF و انرژی قابل متابولیسم علوفه تازه سورگوم را به ترتیب برابر ۳۷/۴۰ درصد و ۲/۱۳ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند (۹،۷). پایگاه فیدی پدیا[3] وابسته به سازمان فائو[4] و اینرا[5] فرانسه متوسط میزان ADF و انرژی قابل متابولیسم علوفه تازه سورگوم را به ترتیب ۳۵ درصد و ۲/۳۶ مگا کالری در هر کیلو گرم ماده خشک ذکر کرده است(۲۳).

$$DE\ (Mcal/Kg\ DM) = ۴/۱۲۱ - ۰/۰۴۴۲\ (\%ADF) \qquad (۱)$$

هارلان و همکاران در یک آزمایش با یونجه، شبدر و ذرت سیلوشده از اجزای تشکیل دهنده الیاف مانند NDF، ADF و لیگنین برای تخمین انرژی قابل هضم مواد خوراکی استفاده کردند و ADF را بهترین متغیر مستقل برای تخمین انرژی قابل هضم یونجه معرفی کردند آنها پیشنهاد کردند که انرژی قابل هضم یونجه را می‌توان با رابطه ۱ واز درصد ADF یونجه به دست آورد (۱۰).

منک و استین‌گاس از ADF برای به دست آوردن انرژی قابل متابولیسم علوفه‌ها از معادله زیر استفاده کردند (۱۴).

$$ME\ (Mj/Kg\ DM) = ۱۴/۷۸ - ۰/۰۱۴۷\ (ADF\ g/Kg\ DM) \qquad (۲)$$

آنها مقدار ضریب تعیین (R^2) برای برآورد انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی از میزان ADF را از ۰/۵۲ تا ۰/۹۲ گزارش کرده اند(۱۴). و همچنین سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع[6] (۲۰۰۷) با استفاده از مدل مینسون (۱۹۹۰) از ADF مواد خوراکی برای رسیدن به انرژی قابل متابولیسم استفاده کرد (۳).

$$ME\ (Mj/Kg\ DM) = ۱۶/۶۵۴ - ۰/۰۲۴\ (ADF\ g/Kg\ DM) \qquad (۳)$$

ویز در مقاله " تخمین انرژی قابل دسترس مواد خوراکی"، از اجزای تشکیل دهنده فیبر مواد خوراکی مانند NDF، ADF و لیگنین برای تخمین انرژی مواد خوراکی قابل دسترس دام مانند انرژی قابل متابولیسم، قابل هضم و خالص استفاده کرد. از این معادلات و با استفاده از ADF و NDF به عنوان متغییر مستقل برای تخمین انرژی مواد علوفه ای در آزمایشگاه‌های تغذیه استفاده می‌شوند (۲۲). اونز و همکاران در یک مقاله جامع مروری نشان دادند که ADF حدود ۶۵ درصد میزان تغییرات انرژی در علوفه_ها را باعث می شود (۲۰).

هدف از این تحقیق سنجش میزان ترکیبات شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای ودر نهایت تخمین میزان انرژی قابل متابولیسمی براساس مدل‌های خطی، نمایی و درجه دوم و بر اساس میزان ADF و NDF آنها بود.

مواد و روش‌ها

ارقام آزمایشی سورگوم در خرداد ماه ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی- آموزشی موسسه اصلاح و نهال و بذر در کرج کاشته شدند. سورگوم های آزمایشی در شهریور برداشت شدند. هر رقم در مزرعه در سه ردیف مجزا کاشته شده بودند. از هررقم سورگوم علوفه ای ۳ نمونه یعنی جمعا حدود ۵۴ نمونه جمع‌آوری شد و به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد شدند (۸) .

نمونه‌های علوفه در آون تحت جریان هوا با دمای ۶۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت (۷۲ ساعت) خشک شدند و پس از آسیاب کردن نمونه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب داری الک یک میلی‌متری آسیاب و جهت انجام آزمایش‌های بعدی نگهداری شدند. در نمونه های آزمایشی بعد از خشک و آسیاب شدن، ترکیبات مغذی شامل :پروتئین خام، خاکستر خام، ADF، NDF، کربوهیدراتهای محلول در آب، نشاسته و لیگنین تعیین گردیدند. قابلیت هضم نمونه ها با روش آزمون گاز تعیین شد و با استفاده از مقدار گاز تولیدی در ساعت بیست و چهارم و مقدار پروتئین خام میزان انرژی قابل متابولیسم ارقام سورگوم تعیین شد. بعد از تعیین انرژی قابل متابولیسم از درصد NDF ، ADF و لیگنین به عنوان متغییرهای مستقل استفاده و انرژی قابل متابولیسم برآورد شدند (۱،۱۴).

نام و کد ارقام آزمایشی در جدول زیر آورده شده است.

1-Neutral Detergent Fiber
2 -Acid Detergent Fiber
3 -Feedipedia
4 -Food & Agriculture Organization
5 -INRA
6 - Commonwealth Scientific and Idustrial Research Organization(CSIRO)

جدول ۱– اسامی ارقام سورگوم علوفه ای آزمایشی

Table 1–Names of experimental forage sorghum

منبع تامین بذر	نام رقم	شماره رقم
NAVAJOSEEDS	CSSH.1	F1
SPII	اسپید فید	F2
Euralis(ES)	FGCSI09	F3
NAVAJOSEEDS	FS one BMR	F4
NAVAJOSEEDS	Juicy Sweet BMR SSH.1	F6
NAVAJOSEEDS	Juicy Sweet BMR SSH-.2	F7
نگین سبز برنا	تیتان	F8
نگین سبز برنا	سیلوکینگ	F9
Pajpal	PHFS-27	F10
Pajpal	PFS-21	F11
Euralis(ES)	FGCSI10	F12
ES	FGCSI12	F13
NAVAJOSEEDS	ساکارز-فتو- بی ام آر	F17
SPII	KFS-2	F18
SPII	KFS-18	F19
SPII	پگاه	F20
مؤسسه کنترل و گواهی بذر	HFS1	17
مؤسسه کنترل و گواهی بذر	Juicy sweet2	18

تعیین ترکیبات شیمیایی

میزان خاکستر خام با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی و پروتئین خام با استفاده از روش کلدال تعیین شدند (۱). برای تعیین غلظت ADL و به منظور حل کردن سلولز موجود درADF، نمونه‌های ADF به مدت سه ساعت در اسید سولفوریک ۷۲ درصد قرار داده شدند (۱).

کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)

هنگامی که کربوهیدرات‌ها در مجاورت معرف انترون و در اسید سولفوریک حرارت داده شوند، کمپلکسی به رنگ سبز–آبی ایجاد می‌کنند که می‌توان به کمک رنگ ایجاد شده و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری، غلظت کربوهیدرات‌های محلول را تعیین کرد. برای تعیین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در نمونه‌ها، ابتدا عصاره‌گیری از نمونه‌ها انجام شد و سپس طبق شرح جزئیات روش کار کربوهیدرات های محلول در آب تعیین شد (۱).

تعیین انرژی قابل متابولیسم با روش تولید گاز (Gas test)

برای انجام این آزمایش، از روش منک و استین گاس[1] (۱۹۸۸) استفاده شد. شیرابه شکمبه از گوسفندان نر فیستوله شده مغانی و قبل از خوراک‌دهی وعده صبح، گرفته شد (۱۴).

تزریق محلول نهایی به سرنگ‌ها و انکوباسیون

گیره هر سرنگ قبل از تزریق باز شد و با استفاده از پمپ مخصوص، مقدار ۳۰ میلی‌لیتر محلول تهیه شده به هرسرنگ وارد شد، با نگه داشتن سرنگ به صورت عمودی و فشار دادن پیستون هوای اضافی سرنگ تخلیه گردید و پس از آن مجدد گیره سرنگ بسته شد. زمان دقیق انجام تزریق هر سرنگ و حجم آن بلافاصله یادداشت و سپس سرنگ در دستگاه انکوباسیون با دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار داده شد. قرائت حجم گاز تولیدی در فاصله های زمانی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲و ۲۴ ساعت صورت پذیرفت.

برآورد انرژی قابل متابولیسم (ME)

مقدار انرژی قابل متابولیسم ، با استفاده از حجم گاز حاصل از تخمیر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت و با استفاده از رابطه۴ محاسبه شد (۱۴).

$$ME = ۲/۲ + ۰/۱۳۵۷(GP) + ۰/۰۰۵۷(XP) + ۰/۰۰۰۲۸۵۹(XP)^{۲} \quad (۴)$$

که در آن ME، انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)،GP، حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در ۲۴ ساعت انکوباسیون) و XP، پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) است.

روش‌های تجزیه آماری

برای مقایسه نتایج معادلات استاندارد معتبر بین المللی مانند منک و استین گاس و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع(CSIRO) با معادلاتی که نگارندگان در این مقاله

1- Menke and Stingass

ارایه کرده‌اند از آزمون tجفتی استفاده شد. داده‌های مربوطه به صورت دو به دو با مدل زیر مقایسه آماری شدند.

T=D-0/SED

که در آن:

D= تفاضل هر جفت داده در مقایسه دو روش

SED= خطای معیار تفاضل داده‌ها

T= عدد تی استیودنت با درجه آزادی n-1 که n تعداد جفت داده‌ها می‌باشد.

برای مقایسه روش نمونه‌ای جفت شده از نرم افزار SPSS استفاده شد (۲۰).

برای برازش معادلات جهت برآورد انرژی قابل متابولیسم بر اساس درصد ADF ،NDF و لیگنین، با استفاده از نرم افزار SPSS معادلات خطی، درجه دوم و تابع نمایی برازش شدند و متغیر مستقلی که بهترین R^2 را داشت انتخاب شد (۲۰).

نتایج و بحث

در جدول۲ آمار توصیفی ترکیبات شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم تعیین شده سورگوم علوفه‌ای آورده شده است. میانگین ماده خشک ۱۹/۵۴ است، ولی با حداقل مطلوب مورد نیاز برای سیلاژ مرغوب (۲۵ درصد) فاصله دارد (۲و ۱۱). مقدار قند نیز که از بخش‌های مهم برای نشخوارکنندگان و تهیه سیلاژ در علوفه ها است و منابع معتبر در تغذیه دام حداقل ۵ درصد ماده خشک علوفه را ذکر کرده‌اند (۲ و ۱۳)، در این پژوهش حداقل ۸ درصد بود که برای تهیه سیلاژ پایدار و مرغوب در حد مناسبی است. انرژی قابل متابولیسم ۲/۴۰ مگاکالری در هر کیلوگرم ماده خشک تعیین شد که از میزان اعلام شده توسط غلامی و همکاران (۷ و ۹) و دیری وان[1](۴) بالاتر است که دلیل احتمالی آن می‌تواند وجود هیبریدهای سورگوم BMR[2] در این آزمایش باشد.

میانگین ADF ،NDF، لیگنین و انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای به ترتیب برابر ۶۰/۳۶، ۳۱/۱۶، ۱/۷۸ و ۲/۴۰ تعیین شد.

در جدول ۳ انرژی قابل متابولیسم تعیین شده از طریق روش گاز (واقعی) سورگوم علوفه ای با انرژی قابل متابولیسم تخمینی حاصل از دو معادله سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (مینسون) و منک و استین گاس به دست آمده از میزان ADF سورگوم به عنوان متغییر مستقل مقایسه شده است. مقایسه آماری داده‌های جفتی جدول نشان می‌دهند که معادله منک و استین‌گاس با ۲/۴۱ انرژی قابل متابولیسم تخمین بهتری در مقایسه با معادله سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع با ۲/۱۹ انرژی قابل متابولیسم در هر کیلوگرم ماده خشک، تخمین بهتری از انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای ارایه می‌دهد و تفاوت بین آنها خیلی معنی دار است.

مقدار تفاوت ۰/۲۱ بین انرژی قابل متابولیسم تعیین شده سورگوم و تخمینی از معادله مینسون زیاد و معنی دار است و نشان می‌دهد که این معادله تخمین خوبی از ME سورگوم به دست نمی دهد و برعکس معادله منکی (دومین جفت) نشان می‌دهد که که با میانگین تفاوت ۰/۰۰۸- تخمین خوبی از انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای می‌دهد که میزان تفاوت هم معنی‌دار نیست.

در زیر شکل‌های رگرسیونی خطی، درجه دوم و تابع نمایی مربوط به انرژی قابل متابولیسم بر اساس درصد NDF و ADF نمونه‌های سورگوم به ترتیب آورده شده‌اند.

میزان R^2 در توابع خطی، نمایی و درجه دوم حاصل از درصد NDF سورگوم علوفه‌ای (شکل‌های ۱ ، ۲ و ۳) در حد متوسط است و از معادلات تابعیت ADF (شکل‌های ۴ ، ۵ و ۶) پائین‌تر است. NDF حاوی سلولز، همی سلولز، لیگنین است که رابطه منفی با میزان ME علوفه‌ها دارند و این رابطه رگرسیونی برای بقولات (لگوم‌ها) و گراس‌ها متفاوت است. در علوفه بقولات قابلیت هضم ماده خشک، در میزان NDF مساوی، ۰/۱۶ واحد از گراس‌ها کمتر است.

ADF در بخش فیبری علوفه‌ها شامل سلولز و لیگنین است. در اکثر علوفه‌های بقولات و گراس‌ها میزان رابطه رگرسیونی قابلیت هضم ماده خشک (انرژی علوفه) با مقدار ADF رابطه منفی و مستقیم است($r = -۰/۷۹$). عمده‌ترین مزیت ADF نسبت به NDF به عنوان متغیر مستقل در تعیین انرژی قابل دسترس علوفه‌ها، عدم وجود تفاوت در رابطه رگرسیونی برای بقولات (لگوم‌ها) و گراس‌ها است و این سبب می‌شود تا بتوان از یک معادله برای بقولات و لگوم‌ها استفاده کرد.

از بین متغیرهای مستقل آزمون شده، ADF بهترین تقریب را از مقدار انرژی قابل متابولیسم نشان داد. معادلات برآزش شده از ADF سورگوم علوفه‌ای در جدول پنج آورده شده است. ضریب تعیین (R^2) معادلات در برآورد انرژی قابل متابولیسم ، برای معادلات خطی، درجه دو و نمایی متوسط و قابل قبول است و این معادلات در سطح یک درصد معنی دار هستند. تابع خطی به دلیل سادگی و تقریب نزدیکتر به ME سورگوم علوفه ای اندازه گیری شده، برای تخمین انرژی قابل متابولیسم پیشنهاد می شود.

$$ME\ (Mcal/Kg\ DM) = ۳/۳۲۰ - ۰/۰۲۹\ (ADF\%)$$

1 -Dairy One

2- Brown Mid Rib

جدول ۲- آمار توصیفی ترکیبات شیمیایی سورگوم علوفه‌ای(درصد)

Table 2- Descriptive statistics of chemical compounds of eighteen forage sorghum cultivars

ترکیب شیمیایی **Chemical composition**	تعداد **number**	حداکثر **Maximum**	حداقل **Minimum**	میانگین **Mean**	اشتباه معیار **Standard error**	انحراف معیار **standard deviation**
ماده خشک Dry matter	54	31.64	13.00	19.54	0.53	3.93
پروتئین خام Crude protein	54	7.23	4.49	6.36	0.06	0.41
خاکستر خام Crude ash	54	9.20	4.80	7.20	0.14	1.02
lignin لیگنین	54	4.41	1.00	1.78	0.13	0.93
ADF Acid detergent fiber	54	41.60	3.55	31.16	0.72	5.29
NDF Neutral detergent fiber	54	70.95	53.25	60.36	0.49	3.57
قند(کربوهیدرات های محلول در آب) Water soluble carbohydrate	54	16.73	8.00	11.09	0.30	2.20
starch نشاسته	54	36.86	18.05	26.08	0.60	4.44
انرژی قابل متابولیسم(مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolasable energy(Mcal/Kg DM)	54	2.74	1.95	2.40	0.02	0.16

جدول ۳- توصیف آماری مقایسه جفتی انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از آزمایش و انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از معادله سازمان پژوهش های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (مینسون)و منک و استین گاس

Table 3- Statistical Characteristic Table Comparison of the Pairs of metabolizable energy Derived from Experiment and metabolizable energy Derived from the Mineson and Stein Gus Equation

مقایسه جفتی انرژی قابل متابولیسم **Comparison of the Pairs of metabolizable energy**		توصیف آماری نمونه‌های جفت شده **Statistical Characteristic of paired samples**				
		تعداد نمونه **Number of sample**	میانگین **mean**	اشتباه معیار **Standard error**	عدد t **T value**	سطح معنی داری **P_ value**
اولین جفت first pair	انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از آزمایش Metabolism energy obtained from the experiment	54	2.40	0.02	5.747	<0.0001
	انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از معادله سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (مینسون) Metabolized energy obtained from the Mineson equation	54	2.19	0.04	5.747	<0.0001
دومین جفت Secound pair	انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از آزمایش Metabolism energy obtained from the experiment	54	2.40	0.02	-.0333	0.740
	انرژی قابل متابولیسم به دست آمده بر اساس معادله منکی و استین گاس Metabolism energy derived from Menke and Steingass equation	54	2.41	0.02	-.0333	0.740

جدول ٤- مقایسه میزان تفاوت دو میانگین درمقایسه جفتی انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از آزمایش و انرژی قابل متابولیسم به دست آمده از معادله معادله سازمان پژوهش های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (مینسون) و منک و استین گاس

Table 4- Difference between the two mean values and the significance level of the differences in the comparison of the metabolizable energy obtained from the experiment and the metabolizable energy obtained from the Minson and Stein Gus equations

مقایسه میزان تفاوت دو میانگین درمقایسه جفتی انرژی قابل متابولیسم Difference between the two mean values and the significance level of the difference		میانگین تفاوت Mean	اشتباه معیار تفاوت Standard error of mean	فاصله اطمینان ۹۵ درصدی تفاوتها 95% confidence interval of the Difference بالا upper	پائین Lower	t	سطح معنی دار شدن Significant level
اولین جفت first pair	انرژی قابل متابولیسم تعیین شده- انرژی قابل متابولیسم مینسون Metabolism energy obtained from the experiment- Metabolized energy obtained from the Mineson equation	0.21	0.03	0.28	0.14	5.75	0.000
دومین جفت Secound pair	انرژی قابل متابولیسم تعیین شده- انرژی قابل متابولیسم منک و استین‌گاس Metabolism energy obtained from the experiment- Metabolized energy obtained from Menke and Steingass	-0.008	0.02	0.04	-0.05	-0.33	0.74

جدول ۵ – معادلات برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم بر اساس ADF نمونه‌های سورگوم علوفه‌ای

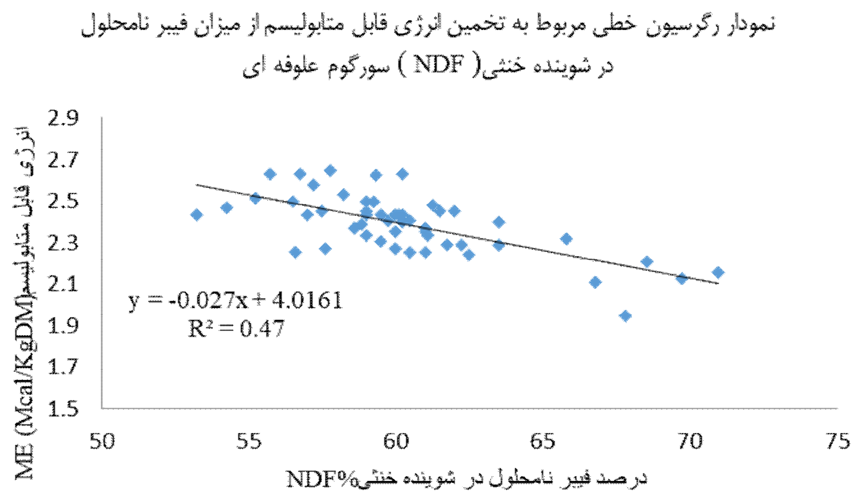
Table 5- Fitted Equations for estimating metabolizable energy Based on ADF Forage Sorghum Samples

نام تابع برازش شده Fitted Equations	درجه معنی داری Significant level	ضریب تبیین Coefficient of determination	معادلات برازش شده بر اساس درصد ADF Fitted Equations Based on ADF%
خطی Linear	0.001	0.592	ME (Mcal/Kg DM) =3.320- 0.029(ADF٪)
درجه دوم Quadratic	0.001	0.624	ME (Mcal/Kg DM) =5.1012 – 0.1349 (ADF٪) + 0.0015(%ADF)^2
تابع نمایی Exponential	0.001	0.602	ME (Mcal/Kg DM) = 3.561 * $e^{-0.013\ ADF\%}$

جدول ٦ – معادله خطی برازش شده برای تخمین انرژی قابل متابولیسم از NDF مربوط به سورگوم علوفه‌ای

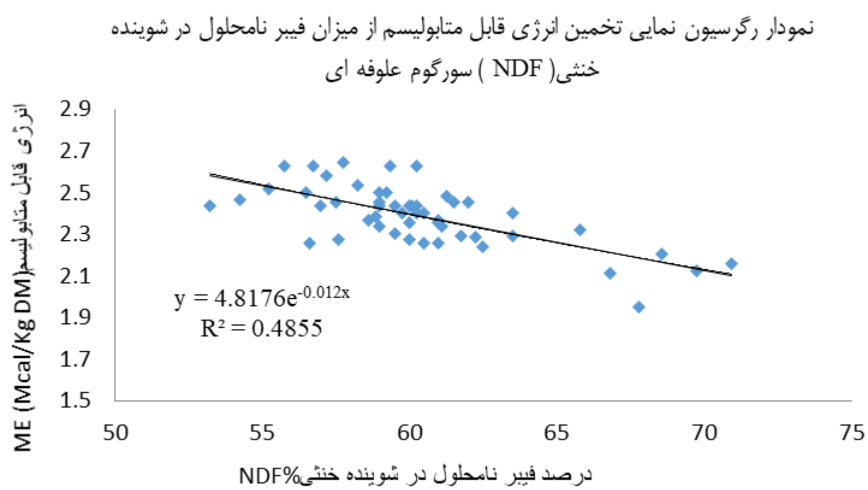
Table 6- Fitted Equations for estimating metabolizable energy Based on NDF Forage Sorghum Samples

نام تابع برازش شده Fitted Equations	درجه معنی داری Significant level	ضریب تبیین Coefficient of determination	معادلات برازش شده بر اساس درصد NDF Fitted Equations Based on NDF%
خطی Linear	0.001	0.470	ME (Mcal/Kg DM) =4.016- 0.027(NDF٪)
درجه دوم Quadratic	0.001	0.490	ME (Mcal/Kg DM) =0.990 + 0.070 (NDF٪) - 0.0008(%NDF)^2
تابع نمایی Exponential	0.001	0.485	ME (Mcal/Kg DM) = 4.818 * $e^{-0.012\ NDF\%}$



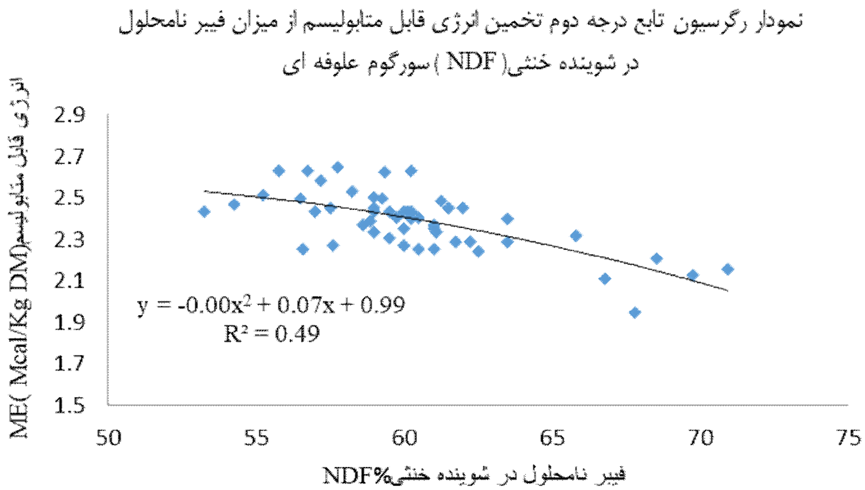
شکل ۱– نمودار رگرسیونی خطی برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان NDF سورگوم

Figure 1– Fitted linear regression curve and model for estimating metabolizable energy value of sorghum NDF



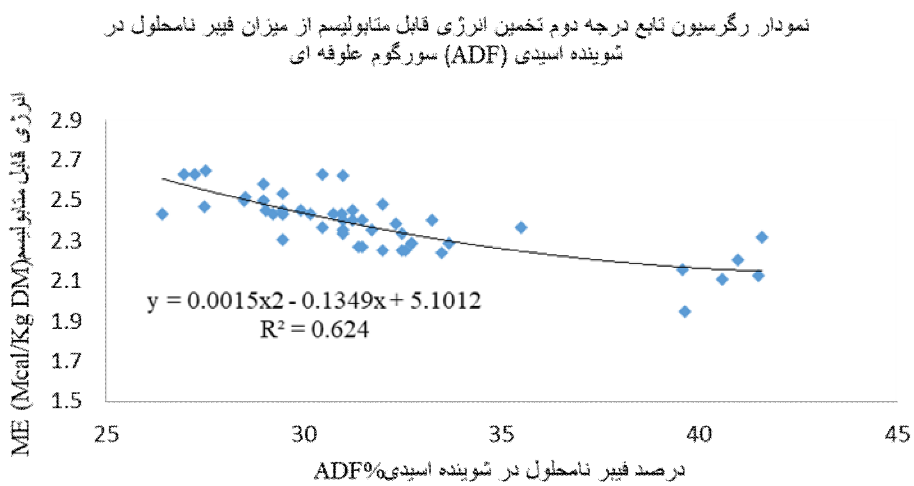
شکل ۲– نمودار رگرسیونی نمایی برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان NDF سورگوم علوفه‌ای

Figure 2. Fitted exponential regression curve and model for estimating the amount of metabolizable energy from NDF forage sorghum



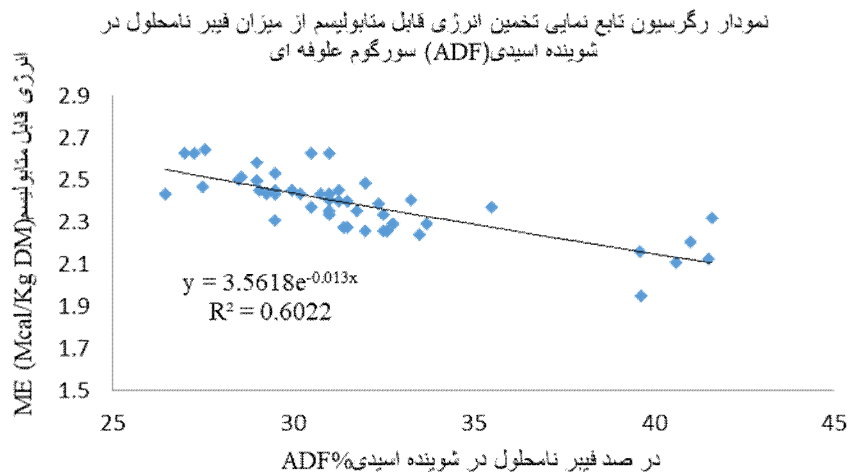
شکل ۳– نمودار رگرسیونی درجه دوم برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان NDF سورگوم علوفه‌ای

Figure 3. Fitted quadratic regression curve and model for estimating the amount of metabolizable energy from NDF forage sorghum



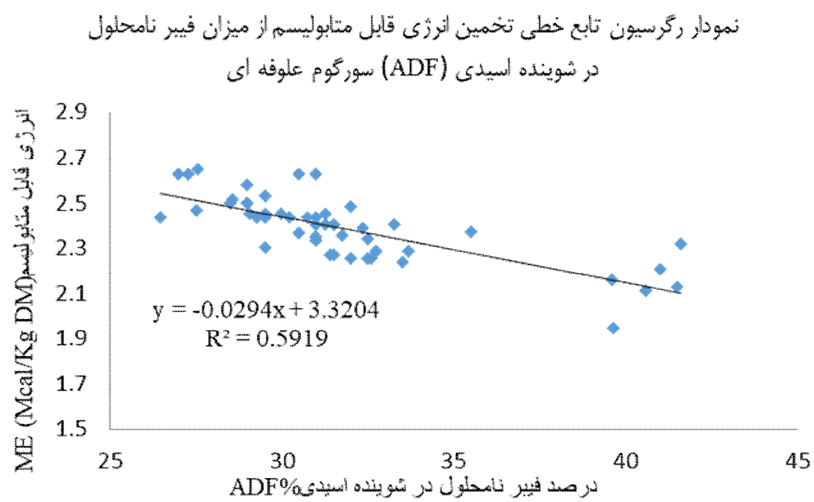
شکل ٤– نمودار رگرسیونی درجه دوم برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان ADF سورگوم علوفه‌ای

Figure 6. Fitted quadratic regression curve and model for estimating the amount of metabolizable energy from ADF forage sorghum



شکل ۵– نمودار رگرسیونی نمایی برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان ADF سورگوم علوفه‌ای

Figure 7. Fitted exponential regression curve and model for estimating the amount of metabolizable energy from ADF forage sorghum



شکل٦– نمودار رگرسیونی خطی برازش شده و مدل مربوط به تخمین مقدار انرژی قابل متابولیسم از میزان ADF سورگوم علوفه‌ای

Figure 8. Fitted linear regression curve and model for estimating the amount of metabolizable energy from ADF forage sorghum

معادله فوق رابطه درصد ADF با انرژی قابل متابولیسم در سورگوم علوفه‌ای را نشان می دهد و در آن از تابع خطی استفاده شده است و ضریب تعیین آن در حد خوب و قابل قبول است (R^2 ۰/۵۹۲ =). در نمودار رگرسیونی یک رابطه مستقیم و صعودی بین انرژی قابل متابولیسم و درصد ADF مشاهده می شود. میانگین های به دست آمده از سه مدل، غلامی (۸)، منک و استین گاس (۱۴) و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (۳) نشان می دهند که انرژی قابل متابولیسم تخمینی سورگوم علوفه‌ای از ADF در مدل غلامی و منکی و استین‌گاس تقریبا در یک محدوده قرار دارند(۲/۴۱) ولی مدل سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع با تخمین ۲/۱۹ مگاکالری، انرژی قابل متابولیسم سورگوم های آزمایشی در این پزوهش راکمتر از مقدار واقعی و تعیینی آن (۲/۴۰) برآورد می‌کند.

نتیجه گیری کلی

نتایج تجزیه شیمیایی و تعیین ME سورگوم‌های آزمایشی با روش آزمون گاز نشان دادند که میزان ADF و ME سورگوم به

ترتیب ۳۱/۱۶ درصد و ۲/۴۱ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک است و بهترین رابطه رگرسیونی برای تخمین ME در سورگوم علوفه‌ای و با استفاده از متغیر مستقل ADF، رابطه پیشنهادی زیر است.

ME (Mcal/Kg DM) = ۳/۳۲۰ - ۰/۰۲۹ (ADF٪)

منابع

1- AOAC International. 2012. Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
2- Church, D. C., and W. C. Pond. 1988. Basic Animal Nutrition and Feeding. Third Edition. Jhon Wiley & Sons.
3- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. (CSIRO). 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Australia. Colling wood VIC 3066.
4- Dairy One. 2009. Feed composition library. http://www.dairyone.com/Forage/FeedComp/disclaimer.asp Accessed Sep. Interactive Feed Composition Library . sorghum.
5- Detmann, E., S. C. Valadares Filho, D. S. Pina, L. T. Henriques, M. F. Paulino, K. A. Magalhães, P. A. Silva, and M. L. Chizzotti. 2008. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. Animal Feed Science and Technology, 143:127–147.
6- Getachew, G., G.M. Crovetto., M. Fondevila., U. Krishnamoorty., B. Singh., M. Spanghero., H. Steingass., P.H. Robinson. and M.M. Kailas. 2002. Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 102: 169-180.
7- Gholami, H. 2014. Estimation of metabolizable energy and net nutrients available in Iranian feedstuffs, based on chemical compounds and prediction equations. Final report of research project. National Animal Science Research Institute of Iran. P. 43(In Persian).
8- Gholami, H. 2018. Determination of nutritional value of different varieties of forage sorghum in Alborz province. Final report of research project. National Animal Science Research Institute of Iran. Pp 23-43 (In Persian).
9- Gholami, H., H. fasaeli., S. A. Mir Hadi., K. Reza Zadi., M. Rezae., M. Zahedi Far., A. grami., N. Timour nejad. and M. Babaie. 2018. Nutrient tables of Iranian feedstuffs. First Edition. Agricultural Research, Training and Promotion Organization. Animal Science Research Institute. Karaj, Iran pp 42-43 (In Persian).
10- Harlan, D. W., J. B. Holter, and H. H. Hayes. 1991.Detergent Fiber Traits to Predict Productive Energy of Forages Fed Free Choice to Nonlactating Dairy Cattle. Journal of Dairy Science, 741337-1353.
11- Harris, L. E. and L. C. Kearl. 1976. In Feed Composition, Animal Nutrient Requirements and Computerization of Diets. Utah agricultural Exprimental station. Utah State University, Logan. Utah. USA.pp.44-46
12- Lee, M., J. Hwang, S. Wen-Shyg, and P. Chiou. 2000. Metabolizable energy of roughage in Taiwan. Small Ruminant Research, 36: 251-259.
13- Macdonald, P., R.A. Edwards, and J. F. D. Greenhalgh. 1995. Animal Nutrition. 5th Edition. Copublished in the United States with Johan Wiley & Sons Inc. New York.pp. 273-311
14- Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas Production using rumen fluid. Animal Research and Development, 28:7 –55.
15- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Washington DC. USA. Pp. 150-161
16- National Research Council. 2007. Nutrient Requirments of small ruminants. Washington DC. USA. Pp.39-81
17- National Research Council. 1959. United States and Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds. Washington, D. C. : National Academy Press. Washington DC. USA. Pp.5-18
18- National Forage Testing Association (NFTA). 2007. Estimates of energy availability. Appendix A3. http://www.foragetesting.org/ lab_procedure/appendix/A/EnergyEstimates.htm Accessed Sep.pp1-15
19- Owens, F. N., D. A., Sapienza, and A. T., Hassen, 2010. Effect of nutrient composition of feeds on digestibility of organic matter by cattle: A review. Journal of Animal Science, 88; 151–159.
20- SPSS. 2009. Statistical Package for the Social Sciences. Longproduced by SPSS Inc.
21- Weiss, W. P. 1993. Predicting Energy Values of Feeds. Journal of Dairy Science, 76:1802-1811.
22- www.feedipedia.org/node/703.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 3, Fall 2020, p. 265-276

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۷۶-۲۶۵

Introducing a linear model for estimating forage sorghum metabolizable energy by using fiber components

H. Gholami[1]*- M. Babaei[2]
Submitted: 12-09-2018
Accepted: 06-10-2019

Introduction: The metabolizable energy represents a part of the gross energy of the feed, which after the deduction of the amount of feces and urine energy and the gases. One of the laboratory methods for determining the metabolizable energy of feedstuff is the gas method. This method is based on the measurement of the amount of released gas at the specified time. The estimated energy obtained from this method has a very high correlation with the amount of energy derived from the live animal method (*in vivo*). The direct determination of the energy available of feeds requires a great deal of time and cost, and since the available energy has a positive and high relationship with some of the chemical constituents of the feed, livestock nutritionists use fiber components such as NDF, ADF and lignin to estimate the available energy of feeds. Another approach is using equations to obtain the ADF for metabolizable energy of forages. It was reported that the amount of determination coefficient (R^2) for estimating the metabolizable energy of forages from ADF levels was from 0.52 to 0.92. This study conducted to determine the nutritional value and introduce regression equations for estimating the available energy of some forage sorghum.

Materials and Methods: Eighteen sorghum varieties planted in May 2016 at the research and educational farm in Karaj province of IRAN. Experimental varieties were harvested in September. Three samples of each sorghum forage cultivar, which planted in three separate rows, after crushing into 3 to 5 cm pieces, totaling about 54 samples, collected. Nutrient compositions including crude protein, crude ash, ADF, NDF, water-soluble carbohydrates, starch and lignin analyzed by AOAC official methods. The amount of crud ash determined by burning samples in an electric furnace and crude protein. To determine the concentration of ADL and to dissolve cellulose present in ADF, ADF samples placed in 72% sulfuric acid for three hours. The digestibility of the samples determined by gas test method. The amount of ME calculated using the volume of gas produced from fermentation of 200 mg of dry matter over a period of 24 hours. ME = 2/2 + 1357/0 (GP) + 0057/0 (XP) + 00002859/0 (XP) ^{2} , Where ME is the metabolizable energy (MJ per kg of dry matter), GP, the volume of produced gas (ML in 200 mg dry matter per 24 hours incubation) and XP, crude protein (g / kg dry matter). For fitting the equations for estimating metabolizable energy based on NDF, ADF and lignin, SPSS software used to fit the linear, quadratic and exponential equation, and selected the independent variable that had the best R^2.

Results and Discussion: The average dry matter of total 54 experimental samples is 19.54, and it is less than minimum required for high-grade silage (25%). The amount of sugar and starch are enough, which is an important part for the preparation of stable and quality silage. Determined metabolism energy was 2.40, which is higher than that announced by researchers, which could be the reason for the presence of BMR hybrids in this experiment. The mean of NDF, ADF, lignin and metabolizable energy of forage sorghum was determined to be 60.36, 31.16, 1.78 and 2.40, respectively. The whole equations obtained from NDF, ADF, lignin had an acceptable coefficient of determination, but the equations obtained from the ADF value, as an independent factor, have a higher coefficient of determination and the accuracy of the equations is moderate and acceptable. Among the equations, the linear equation derived from ADF suggested for estimating metabolizable energy due to the simplicity and approximation closer to actual ME of forage sorghum measured. Compared to the international linear equations, which ADF were independent factor, the Menke

1-Assistant professor of animal nutrition department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Animal Science research Institute, Karaj, Iran.
2-Assistant professor of animal nutrition department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Animal Science research Institute, Karaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Ho.gholami@areeo.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i3.75350

and Steingas metabolizable energy from ADF equations do not have any significant difference with the estimated ME of forage sorghum in this study.

Conclusion: The results of chemical analysis and determination of ME of sorghum by gas test showed that the amount of ADF and ME of sorghum was 31.16% and 2.41 Mcal/kg of dry matter, respectively. The best correlation for estimating ME, which ADF was as independent factor, was the following proposed linear equation. ME (Mcal/Kg DM) = 3.320 - 0.029 (ADF %).

Keywords: ADF, estimation of Metabolizable energy, forage sorghum, gas testing.